

© WPI / DERWENT

- AN - 1981-06876D [05]
- TI - Nuclear fuel rod - comprising clad tube of zirconium alloy with end plugs uranium di:oxide sintered pellets and filling gas
- AB - J55152494 Fuel rod comprises a clad tube of a Zr alloy having end plugs at both the ends, sintered pellets of UO_2 stacked in the clad tube, and a filling gas contg. CO_2 . Filling with CO_2 reduces stress corrosion cracking of the clad tube. Specifically a clad tube of a Zr alloy has an upper end plug and a lower end plug. UO_2 sintered pellets are stacked in the clad tube. A spring is placed in a plenum. A gap is formed between the pellets and the inner wall of the clad tube. The clad tube is filled with CO_2 gas at a pressure of 4-5 atmos. The CO_2 gas is dissociated into CO and O_2 at 1000 deg.C in the clad tube. The partial pressure of CO_2 is 4 torr. An O/U ratio of each UO_2 pellet is 2.15 to 2.25.
- IV - NUCLEAR FUEL ROD COMPRISE CLAD TUBE ZIRCONIUM ALLOY END PLUG URANIUM DI OXIDE SINTER PELLET FILL GAS
- PN - JP55152494 A 19801127 DW198105 000pp
- IC - G21C3/16
- MC - K05-B04B
- DC - K05
- PA - (TOKE) TOKYO SHIBAURA ELECTRIC CO
- PR - JP19790060303 19790518

⑨ 日本国特許庁 (JP)

⑩ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報 (A)

昭55-152494

⑬ Int. Cl.³
G 21 C 3/16

識別記号

庁内整理番号
6440-2G

⑭ 公開 昭和55年(1980)11月27日

発明の数 1
審査請求 未請求

(全 3 頁)

⑮ 核燃料要素

川崎市幸区小向東芝町1 東京芝
浦電気株式会社総合研究所内

⑯ 特 願 昭54-60303

⑰ 出 願 人 東京芝浦電気株式会社

⑱ 出 願 昭54(1979)5月18日

川崎市幸区堀川町72番地

⑲ 発 明 者 小原浩史

⑳ 代 理 人 弁理士 則近憲佑 外1名

明 細 書

1. 発明の名称 核燃料要素

2. 特許請求の範囲

(1) 密封されたジルコニウム合金製被覆管内に二酸化ウラン焼結ペレットが装填され、かつ充填ガスが封入されて成る核燃料要素において、前記充填ガス中に二酸化炭素(CO₂)を存在させてなることを特徴とする核燃料要素。

(2) 前記充填ガス中の二酸化炭素の分圧を4から5気圧にすることを特徴とする特許請求の範囲第1項記載の核燃料要素。

(3) 前記二酸化ウラン焼結ペレットの酸素対ウランの比(O/U比)が2.15から2.25であることを特徴とする特許請求の範囲第1項記載の核燃料要素。

3. 発明の詳細な説明

本発明は核燃料要素に係り、特にジルコニウム合金製被覆管の腐食性核分裂生成物であるより素による応力腐食割れ感受性を低減した核燃料要素に関する。

従来、軽水炉用核燃料要素においては、燃料と

して一般に二酸化ウラン(UO₂)焼結ペレットが用いられ、この燃料ペレットを被覆する管として耐食性高温強度が優れ、中性子吸収断面積が小さく、照射下でも十分な延性をもつなどの利点のため、ジルコニウム合金(例えばジルカロイ-2、ジルカロイ-4)製の薄肉管が使用されている。第1図は、このようなタイプの核燃料要素の縦断面図である。図中、1はジルコニウム合金製被覆管、2は二酸化ウランの燃料ペレット、3は上部端栓、4は下部端栓、5は空間(ブレナム)、6はブレナムスプリング、7は燃料ペレットと被覆管内面間に設けられたギャップである。更に下部端栓4と燃料ペレット2との間にスプリングが設けられる場合がある。そして、内部の空間にはヘリウム(He)等の充填ガスが封入されている。

この核燃料要素の製造工程は、通常次の手順からなる。まず被覆管1の一端に下部端栓4をTIG溶接する。次に燃料ペレット2およびスプリング6等を挿入した後、吸着した水分を除くために全体を真空中で加熱乾燥する。最後にヘリウム中で

上部端栓3をTIG溶接して同時に内部にヘリウムガスを密封する。

ところで、燃料ペレット2は原子炉中で核分裂により発熱するが、二酸化ウラン焼結体は熱伝導性が良好でないため、中心部では高温になり温度分布に偏りを生ずる。この温度分布に基づいて生ずる熱応力、および燃料ペレット2の熱膨張のために、燃料ペレット2は第1図と同一部分は同符号で示す第2図に部分的に示したように不規則に割れる。燃料ペレット2と被覆管1間のギャップ7は、熱伝導性を良くするために、一般に数百 μm とかなり小さく設計されているが、上述の如き燃料ペレット2の膨張・変形という現象が起ると、ギャップ7は減少し、やがては燃料ペレット2と被覆管1とは接触し、機械的相互作用(PCMI)を起すに至る。このPCMIは、原子炉の出力を急速に上昇させた場合に特に著しい。

他方、核燃料の燃焼によりイットリウム(I_2)、セシウム(Cs)、テルル(Te)、カドミウム(Cd)等の腐食性物質が生成し、核燃料物質内に蓄積するが、その一部

(3)

こで、被覆管の応力腐食割れの防止を目的として、その一要因であるPCMIを緩和するために、原子炉の出力上昇速度を遅くしたり、燃料ペレットの形状を変えたりする試みが行われているが、余り効果的ではない。他方、応力腐食割れの他の要因である腐食性核分裂生成物の生成量を少なくするために、原子炉の出力を低く抑えて運転する方法も考えられているが、これは発電所の発電コストを上昇させ、望ましくない。

また、燃料ペレットから放出された腐食性物質とジルコニウム合金製被覆管とが反応しないように、それらの直接接触を防止するため、ジルコニウム合金製被覆管の内面に銅などのバリア材を設けたバリア被覆管が提案されている(例えば、特開昭51-69792号公報、特開昭51-69795号公報、特開昭51-69795号公報等)。しかし、このようなバリア被覆管は、現在行われている被覆管製造工程の変更を要し、そのため製造コストが上昇する上に、原子炉運転中にバリア層の一部が機械的に破壊されて被覆管の応力腐食割れを生ず

(5)

は被覆管1内へ拡散し、被覆管1内表面に付着する。前述のように、ジルコニウム合金は耐食性に優れ、中性子吸収断面積が小さく、かつ照射下でも十分な延性を有する材料であるが、前記核分裂生成物に接触した環境下でPCMIが起ると、ジルコニウム合金製被覆管1に応力腐食割れ(SCC)が発生し、機械的破断時の歪よりもはるかに小さい歪によっても被覆管1は破損する可能性が判明している。被覆管の主な目的は、第1に核燃料と冷却材等との間の化学反応を防げること、第2には高度に放射性の核分裂生成物が冷却材中へ放出されることを防げることである。したがって、被覆管が応力腐食割れにより破損した場合には、冷却材等は放射能に汚染され、原子炉の運転・管理に障害をもたらすおそれがある。そのため、原子炉の安全運転のためにも被覆管の応力腐食割れの防止が強く要求されている。

被覆管の応力腐食割れを防止するためには、PCMIを緩和するか、又はイットリウム等の腐食性物質と被覆管との接触を阻止するかの措置が必要である。そ

(4)

るおそれがある。

従って、種々の提案にも拘らず、燃料被覆管の応力腐食割れを有効に防止し得る核燃料要素の開発が依然として要望されている。

本発明は上記要望に鑑みてなされたもので、ジルコニウム合金製被覆管の応力腐食割れを有効に防止し得る核燃料要素を提供することを目的としている。

本発明の核燃料要素は、密封されたジルコニウム合金製被覆管内に、二酸化ウラン焼結ペレットが装填され、九つ充填ガスが封入されて成る核燃料要素において、前記充填ガス中に4から5気圧の二酸化炭素を存在させ、さらに前記二酸化ウランペレットのO/U比を2.15から2.25とすることを特徴とする核燃料要素である。すなわちジルコニウム合金製被覆管内にある程度以上の酸素分圧を持たせることによって被覆管のイットリウムによる応力腐食割れ感受性を低減させるために充填ガス中に4から5気圧の二酸化炭素を封入したものである。

次に本発明を実施例をもって詳述する。第3図

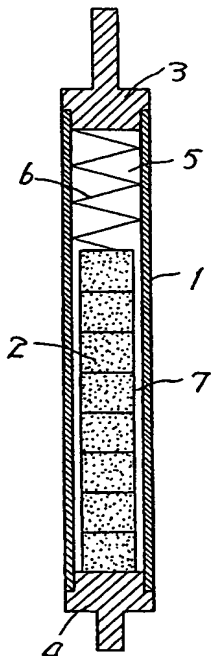
(6)

はジルコニウム合金製被覆管のよう素による応力腐食割れに対する酸素の影響を調べた結果を示す図であり、4 torrのよう素分圧中で酸素分圧と最大応力の関係を示している。図においてよう素が無い場合の最大応力が約60kg/mm²であるのに対してよう素雰囲気中で酸素分圧が0から1 torrの場合は最大応力が約37kg/mm²まで下がる。酸素分圧が4 torrになると最大応力は約47kg/mm²まで上がる。

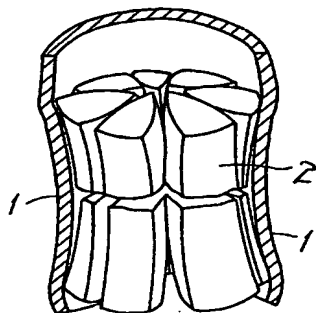
被覆管内に4から5気圧二酸化炭素を入れた場合、ペレットの中心温度が約1500℃であるので $\text{CO}_2 \rightarrow \text{CO} + \frac{1}{2} \text{O}_2$ の反応により二酸化炭素が解離して酸素分圧が約4 torrとなる。この時、平衡する二酸化ウランペレットのO/U比は約2.2となる。したがってO/U比の低いペレットを用いた場合はペレットの二酸化ウランが酸素を吸収して被覆管内の酸素分圧が減少する。また酸素分圧を高くするとペレット中に他の相(U_3O_8 等)が析出してくるので酸素分圧が約4 torrになるように二酸化炭素の分圧を4から5気圧にし、二酸化ウランペレットのO/U比を2.15から2.25にしてある。

(7)

第 1 図



第 2 図



以上に述べた通り本発明の核燃料要素は、その製造工程が従来の場合とほぼ等しく最後の上部端栓を溶接する際に二酸化炭素を封入するだけで良いので製造コストが大幅に増大することなく被覆管の応力腐食割れを低減することができ、原子炉の安全運転に多大な効果をもたらす。

4. 図面の簡単な説明

第1図は軽水炉用核燃料要素の縦断面図、第2図は被覆管内で割れた燃料ペレットを拡大して示す部分断面図、第3図はよう素雰囲気中でのジルコニウム合金の最大応力と酸素分圧の関係を示す図である。

- 1…ジルコニウム合金製被覆管、
2…燃料ペレット、 3, 4…端 栓、
5…ブ レ ナ ム、 6…ブ レ ナ ム ス プ リ ン グ。

代理人 弁理士 則 近 憲 佑
(ほか1名)

(8)

第 3 図

